Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg. Bull. K. Belg. Inst. Nat. Wet.	Bruxelles Brussel	2-XI-1973
49	BIOLOGIE	13

METAUX EN TRACES ET POLLUTION DE LA COTE BELGE ET DE L'ESTUAIRE DE L'ESCAUT (*)

PAR

E. PEETERS, J. DAS, M. MERTENS et M. A. CASTIAUX

TABLE DES MATIERES

(*) Ce travail a été exécuté dans le cadre d'un contrat de recherches avec l'Agence internationale de l'Energie atomique de Vienne, sous le n° 871/RB.

RESUME

Différents métaux (Cr, Cu, Fe, Zn, Pb et Ni) ont été dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique dans les eaux de la mer du Nord et de l'estuaire de l'Escaut. Pour certains d'entre eux, une comparaison est faite entre le dosage par spectrophotométrie d'absorption atomique et des mesures par activation neutronique.

Le cuivre et le zinc ont été dosés dans les organes de trois poissons communs en mer du Nord (*Pleuronectes platessa*, *Gadus merlangus* et *Trachurus trachurus*).

Ces résultats sont mis en rapport avec les teneurs en sels nutritifs (nitrates, nitrites et phosphates) dans les mêmes eaux.

I. INTRODUCTION

La côte belge est sujette à deux types principaux de pollution : tout d'abord la pollution par les effluents urbains qui entraînent une prolifération bactérienne importante; ensuite la pollution chimique d'origine industrielle. Dans ce deuxième type de pollution, les métaux lourds sont susceptibles d'occuper une place très importante. En effet des concentrations toxiques de métaux lourds peuvent être trouvées dans l'alimentation humaine d'origine marine sans que l'on observe des concentrations très élevées dans l'eau de mer et ce par le jeu de l'accumulation au long de la chaîne alimentaire.

Pour certains métaux, le problème se complique du fait qu'ils peuvent être nécessaires à la survie de certains organismes en y jouant un rôle catalytique, électrochimique, structurel ou autre (Cr, Cu, Fe...).

Par cette étude, nous avons voulu connaître le niveau actuel de contamination des eaux côtières et l'apport en métaux lourds de l'Escaut. Nous avons voulu savoir également si une contamination éventuelle se retrouve dans les poissons.

2. POLLUTIONS METALLIQUES

2.1 *Mesure des concentrations en Cr, Cu, Fe, Zn, Pb et Ni dans l'eau de mer*

2.1.1 Méthodologie

Toutes les mesures ont été faites au moyen d'un spectrophotomètre d'absorption atomique Perkin Elmer modèle 403 muni d'un correcteur

d'absorption non spécifique à lampe au deutérium et d'un dispositif d'atomisation sans flamme à four en graphite Perkin Elmer HGA 70.

Les mesures de zinc sont faites par absorption atomique à flamme avec un mélange d'air et d'acétylène; le correcteur d'absorption non spécifique est utilisé. La limite de détection est de 1 ppb.

Les mesures de chrome ont été faites au moyen du four en graphite suivant la méthode de SEGAR et GONZALES (1971). Cette méthode consiste en une volatilisation du chlorure de sodium avant l'atomisation par calcination sous une tension de 4.5 V (1500° d'après les données du constructeur mais cette température paraît nettement surestimée). Les pertes de chrome pendant cette calcination sont contrôlées en utilisant la méthode des ajouts dosés. La limite de détection du chrome est de 1 ppb.

Les mesures de cuivre ont été faites de la même manière que pour le chrome. La limite de détection est également de 1 ppb.

Pour le plomb et le nickel, les mesures ont été faites par absorption atomique à flamme après extraction à l'APDC - MIBK (BROOKS R. R., PRESLEY B. J. and KAPLAN I. R., 1967). La seule modification que nous avons introduite est que nous saturons l'eau de mer en MIBK avant l'extraction. Les limites de détection sont de 0.1 ppb pour le plomb et de 1 ppb pour le nickel.

2.1.2 Prélèvement des échantillons

Trois séries de mesures ont été faites le long de la côte belge, respectivement en novembre 1970, août 1971 et juin 1972. La localisation des points de prélèvement est donnée à la fig. 1. Tous les échantillons ont été prélevés à 10 mètres de profondeur ou, si la profondeur était insuffisante, à un mètre au-dessus du fond. Les échantillons ont été immédiatement filtrés, acidifiés (pH 1.5) et conservés dans des bouteilles en polyéthylène.

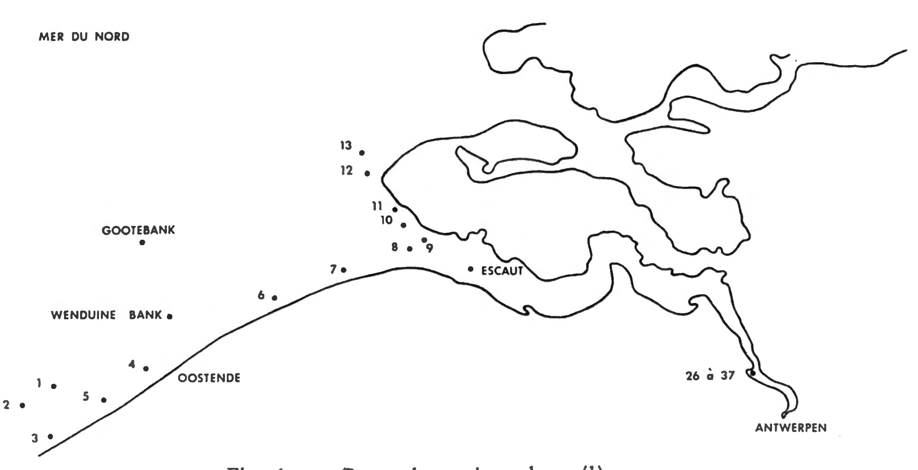


Fig. 1. — Carte des points de prélèvement.

2.1.3 Résultats

Les résultats des analyses d'eau de mer sont présentés aux tableaux 1, 2 et 3.

Les valeurs observées sont du même ordre de grandeur que celles obtenues par d'autres auteurs dans des régions voisines, notamment par GUEGUENIAT et GANDON (1972) dans l'estuaire de la Seine et dans le secteur du Cotentin et par ABDULLAH et ROYLE (1972) dans les baies de Liverpool et de Cardigan et dans le canal de Bristol.

Lorsqu'on examine nos résultats, l'élément le plus frappant est l'extrême variabilité des concentrations en métaux lourds. De plus, nous n'avons pas observé de corrélation nette entre les concentrations et la localisation géographique ou les marées. Cela est probablement dû au fait que nous nous trouvons dans une zone turbulente particulièrement complexe dans laquelle se produit la dispersion de l'eau de l'Escaut, fleuve à débit très faible.

2.1.3.1 Zinc : Les mesures du mois d'août 1971 correspondent à des teneurs normales (10 ppb) alors qu'en novembre 1970 et en juin 1972

TABLEAU 1

Concentrations en Cr, Cu, Fe, Zn dans les eaux de l'Escaut des 18 et 19 novembre 1970 exprimées en ppb.

N°	Cr	Cu	Fe	Zn
26	3,8	55	18,68	31,0
27	4,2	18	16,48	26,2
28	5,4	22	23,81	28,1
29	5,6	24	20,51	23,1
30	5,0	20	16,85	31,9
31	13,0	15	113,19	38,8
32	9,8	24	17,22	26,9
33	2,0	25	13,55	21,2
34	3,2	115	20,88	28,8
35	6,4	111	17,58	26,3
36	55,0	71	190,84	40,6
37	25,0	35	106,59	36,9

Ces douze échantillons ont été prélevés au même point sur l'Escaut toutes les deux heures.

TABLEAU 2

Concentrations en Cr, Cu, Fe, Zn, Pb et Ni dans les eaux de la mission « Atalante » du mois d'août 1971 exprimées en ppb.

No	Cr	Cu	Fe	Zn	Pb	Ni
1	7,07	30	119	14,5	*	2,1
2	1,2	12	54	8,0	0,2	2,9
3	1,9	*	100	4,0	*	2,7
4	1,4	*	196	4,5	*	5,1
5	*	*	118	3,5	0,3	2,8
6	1,4	*	71	3,5	*	4,7
7	1,3	*	94	5,5	0,1	3,8
8	4,5	12	88	4,5	0,2	4,2
9	1,0	40	59	6,0	0,1	2,4
10	3,7	*	53	1,5	*	1,2
11	4,6	12	100	3,5	0,2	*
12	5,3	36	77	2,5	0,4	4,6
13	2,8	*	124	2,5	0,1	2,1

Les numéros des points sont repris sur la carte.

Limites de détection :
* = inférieur à 1 ppb pour Cr, 4 ppb pour Cu, 4 ppb pour Fe, 1 ppb pour Zn, 0.1 ppb pour Pb, 1 ppb. Ni.

les concentrations sont deux à trois fois plus élevées que la normale. Cette différence pourrait être due à des variations saisonnières, à une pollution ou même à une contamination accidentelle des échantillons lors du prélèvement. Cette dernière hypothèse semble toutefois assez peu probable.

2.1.3.2 Cuivre : Les mesures de cuivre dans les eaux de novembre 1970 (Escaut) montrent des valeurs anormalement élevées (5 à 30 fois la normale) et semblent indiquer un apport de cuivre par l'Escaut. Pour les mesures du mois d'août 1971, on n'observe des valeurs un peu trop élevées que dans l'estuaire de l'Escaut et au point 1, toutes les autres mesures étant normales. Les valeurs observées dans les eaux de juin 1972 sont tout à fait normales ou même inférieures à la normale (3 ppb) et, parmi elles, les plus élevées se rencontrent au large, au Gootebank.

TABLEAU 3

Concentrations en Cr, Cu, Fe, Zn, Pb et Ni dans les eaux de la mission « Atalante » du 1er au 5 juin 1972 en ppb.

	Cr	Cu	Fe	Zn	Pb	Ni
GOOTEBANK	1,0	3,2	91	39	0,3	4,2
	1,1	1,8	45	29	*	4,5
	1,7	2,3	55	71	0,1	2,4
	*	*	68	27	*	2,7
	1,0	2,5	32	30	0,3	3,1
	1,0	2,9	41	27	0,4	1,2
	*	3,3	36	23	0,3	3,2
	1,0	2,5	59	24	*	2,8
ESCAUT	1,2	1,5	105	30	*	2,9
	1,0	1,5	*	22	*	4,3
	1,2	*	73	23	*	1,3
	1,4	*	14	23	*	2,7
	*	*	18	31	*	2,3
	1,1	*	32	20	*	1,0
	1,6	*	*	26	*	*
	1,3	*	63	24	0,2	*
	1,5	*	46	23	0,2	*
	1,7	1,6	8	23	0,2	*
	2,8	*	33	21	0,2	1,0
	1,4	*	50	30	0,2	1,0
OOSTENDE	1,5	*	88	25	0,2	1,7
	1,2	*	59	24	0,1	1,4
	1,6	1,0	125	30	0,1	*
	1,6	*	100	25	0,1	*
	2,0	*	88	35	0,2	*
	2,4	*	67	29	0,2	*
	3,8	*	33	30	0,2	*
	2,0	*	75	19	0,2	*
	1,7	*	58	26	0,2	*
	1,0	*	71	14	0,2	*
	1,4	*	75	23	0,2	*
	1,8	*	83	25	0,2	*
	7,6	*	354	10	0,2	*

Echantillons prélevés toutes les deux heures.

Limites de détection :

* = inférieur à : 1 ppb pour Cr, 4 ppb pour Cu, 4 ppb. par Fe, 1 ppb pour Zn, 0.1 ppb pour Pb, 1 ppb pour Ni.

2.1.3.3 Fer : Les concentrations en fer sont trop élevées pour les trois séries de mesures et dépassent largement la valeur normale de 10 ppb. On notera que les concentrations en fer sont en moyenne plus élevées en août 1971 qu'en novembre 1970 et juin 1972. Il faut signaler que d'importants rejets de déchets industriels riches en fer ont lieu en mer du Nord, au large des côtes hollandaises.

2.1.3.4. Chrome : Les valeurs observées sont un peu supérieures à la normale, particulièrement en novembre 1970. Comme le comportement physico-chimique du chrome en milieu marin est extrêmement mal connu, il est très difficile d'en déceler l'origine afin de pouvoir conclure à une pollution.

2.1.3.5 Plomb : Les concentrations observées sont jusqu'à dix fois supérieures à la teneur moyenne des océans (0.03 ppb) mais correspondent aux valeurs observées actuellement par la plupart des auteurs. Vu le manque de précision de la méthode utilisée, les valeurs ne sont à prendre que comme un ordre de grandeur.

2.1.3.6 Nickel : Comme pour le plomb, les valeurs données ne représentent qu'un ordre de grandeur. Nous observons des valeurs égales à la concentration moyenne des océans (5 ppb).

N.B. : Les concentrations moyennes dans les océans sont tirés de GOLDBERG (1965).

2.2 *Mesure des concentrations en Cu et Zn dans les poissons*

2.2.1 Méthodologie

Après dissection, les différents organes sont séchés à 100° pendant 24 heures et conservés dans un dessicateur. Ils sont ensuite broyés dans un mortier en agate. Pour le foie du merlan il a été nécessaire de dégraisser le tissu au moyen d'acétone. On obtient alors une poudre très fine. Une quantité d'environ un à cinq milligrammes de cette poudre est introduite dans le four en graphite après avoir été pesée dans une petite nacelle en tantale. La calcination se fait à 750° pour le zinc et à 1100° pour le cuivre (températures théoriques, nettement surestimées). La méthode des ajouts dosés est utilisée afin de tenir compte des pertes pendant la calcination.

2.2.2 Prélèvement des échantillons

Entre les points de prélèvement d'eau nous avons capturé : des poissons de trois espèces très communes le long de nos côtes : la plie (*Pleuronectes platessa*), le merlan (*Gadus merlangus*) et le faux maquerau (*Trachurus trachurus*).

Les poissons ont été conservés par congélation à bord du bateau.

2.2.3 Résultats

Les résultats, présentés à la figure 5, sont exprimés en ppm de poids sec; ils représentent la moyenne de 10 mesures.

TABLEAU 4

Teneurs en cuivre et en zinc de *Pleuronectus platessa*, *Trachurus trachurus* et *Gadus merlangus* exprimées en ppm de poids sec.

	Pleuronectes platessa		Trachurus trachurus		Gadus merlangus	
	Cu	Zn	Cu	Zn	Cu	Zn
Muscles	2,1	7	1,13	9	1,45	14
Nageoires	4,2	140	1,22	161	4,82	180
Ecailles	4,6	74	3,10	51	5,72	92
Cœur	12,3	27	5,01	39	37	42
Gonades	6,7	94	3,01	152	20	120
Rate	1,9	124	0,79	157	3,36	106
Estomac	5,2	107	4,12	62	8,34	88
Intestin	8,4	155	9,43	98	25	186
Foie	19,3	127	15,5	91	39	153
Peau	16,4	41	12,7	32	13	67
Branchies	14,8	133	8,20	81	22	125
Yeux	1,8	148	3,24	99	3,7	108
Cerveau	1,2	15	1,37	12	1,8	7
Os longs	5,4	87	4,18	71	3,94	104

Le coefficient de variation de ces mesures est d'environ 40 pour cent. Cette grande variabilité est probablement due aux différences de teneur en graisse d'un poisson à l'autre.

On observe que le cuivre et le zinc sont particulièrement accumulés par le tube digestif, les branchies et la peau.

L'accumulation au niveau de la peau, surtout importante pour le cuivre, peut être attribuée à une absorption; *Pleuronectes,* qui présente la plus forte concentration en cuivre au niveau de la peau, est couvert d'une couche plus importante de mucus que *Gadus* et *Trachurus.*

Les concentrations élevées rencontrées dans le tube digestif et dans les branchies, particulièrement pour le zinc, semblent indiquer, comme nous l'avons déjà observé chez *Carassius auratus* (MERTENS, non publié), que, chez les poissons, le zinc a un turn-over important et que le tube digestif

(spécialement l'intestin postérieur) pourrait être une des voies d'excrétion du zinc.

Pour les gonades, on n'a pas observé de différence significative entre mâles et femelles, ni pour le zinc, ni pour le cuivre.

Les concentrations les plus faibles sont rencontrées dans les muscles et dans le cerveau.

Les mesures des concentrations des métaux lourds dans les poissons nous apportent moins d'enseignements que nous n'espérions à cause de leur grande imprécision. Des recherches devraient être entreprises en vue d'exprimer les concentrations des métaux lourds autrement qu'en fonction du poids frais ou du poids sec mais par exemple en fonction du poids sec dégraissé ou de la teneur en protéines.

Les mesures que nous présentons ici semblent être en accord avec celles présentées par différents auteurs, par exemple PORTMANN (1972), bien que la comparaison soit souvent difficile car les concentrations sont exprimées de différentes manières.

2.3 *Analyse des traces d'éléments par activation neutronique*

2.3.1 Méthodologie

Les échantillons d'eau prélevés pour l'activation neutronique sont différents des échantillons pour l'absorption atomique car le système de prélèvement n'est pas le même. En effet, si pour l'absorption atomique un volume assez important est nécessaire (un litre), l'activation neutronique ne demande qu'un petit volume d'échantillon.

Deux millilitres d'eau filtrée sur un filtre Millipore de 0.45 micron sont placés dans une ampoule de quartz. Les ampoules sont irradiées dans le réacteur de SACLAY pendant cinq jours à un flux de 3×10^{12} neutrons par seconde. Après leur défournement, on laisse les ampoules refroidir pendant six jours et ensuite on les ouvre et on transvase un millilitre dans une pastille de perspex pour effectuer les mesures. Celles-ci sont faites au moyen d'une chaîne de spectrométrie gamma et de détecteurs au germanium-lithium.

2.3.2 Résultats

Les résultats des analyses par activation neutronique sont présentés dans le tableau 5. Il faut rappeler que, bien que prélevés aux mêmes endroits, les échantillons pour l'activation ne sont pas identiques à ceux pour l'absorption atomique car les méthodes de prélèvement sont différentes.

Les concentrations en rubidium sont en général équivalentes aux données trouvées dans la littérature pour les eaux de mer et inférieures pour

TABLEAU

Eléments trouvés dans les eaux de la

Nº échantillons	Année	Profondeur	Caractéristiques	Ce	Hg
0131	17-VIII-71	Surface St. 2	2º42'10" E 51º11'30" N 18 h 30	4,00 ± 0,56	—
0132	18-VIII-71	Surface St. 3	Prélevé près de Nieuport 9 h 16	6,13 ± 0,64	—
0135	20-VIII-71	St. 6	Westkapelle 11 h 35	5,94 ± 0,71	12,14 ± 0,64
0136 (24)	17-XI-70	2 m	Wenduyne Bank 13 h 00	5,21 ± 0,65	7,27 ± 0,44
0137 (25)	17-XI-70	± 10 m	Wenduyne Bank 16 h 33	4,97 ± 0,26	5,57 ± 0,85
0138 (26)	18-XI-70	± 10 m	Escaut (en face de Zandvliet) 07 h 25	3,06 ± 0,60	6,02 ± 0,26
0139 (27)	18-XI-70	± 10 m	Escaut (en face de Zandvliet) 8 h 10 - 8 h 55	—	5,08 ± 0,67
0140 (28)	18-XI-70	± 10 m	Escaut (en face de Zandvliet) 10 h 00	6,67 ± 0,79	7,69 ± 0,21
0141 (29)	18-XI-70	± 10 m	Escaut (en face de Zandvliet) 12 h 10	5,50 ± 0,44	5,62 ± 1,10
0142 (30)	18-XI-70	± 10 m	Escaut (en face de Zandvliet) 14 h - 14 h 55	—	7,11 ± 1,49
0143 (31)	18-XI-70	± 10 m	Escaut (en face de Zandvliet) 16 h 05 - 16 h 58	9,05 ± 5,24	5,15 ± 1,07
0144 (32)	18-XI-70	± 10 m	Escaut (en face de Zandvliet) 18 h 15 - 19 h	5,52 ± 0,87	7,65 ± 0,03
0145 (33)	18-XI-70	± 10 m	Escaut (en face de Zandvliet) 20 h - 20 h 45	6,15 ± 0,89	8,01 ± 0,48
0147 (35)	19-XI-70	± 10 m	Escaut (en face de Zandvliet) 00 h 00	—	5,99 ± 1,17
0148 (36)	19-XI-70	± 10 m	Escaut (en face de Zandvliet) 02 h 10 - 2 h 45	2,99 ± 0,78	10,78 ± 1,30
0150	5-VI-72	—	Ostende Bassin Vlotkom	6,77 ± 2,02	18,32 ± 0,78

5

mer du Nord par activation neutronique

Quantité détectée en µg/litre						
Cr	Sr	Sb	Cs	Rb	Zn	Co
11,09 ± 0,86	5216,24 ± 670,61	—	0,37 ± 0,08	120,90 ± 20,95	36,87 ± 15,08	0,29 ± 0,05
—	7127,94 ± 399,50	1,38 ± 0,02	0,65 ± 0,02	189,73 ± 9,95	45,44 ± 3,12	0,45 ± 0,23
5,54 ± 0,37	7127,98 ± 577,01	2,07 ± 0,98	0,63 ± 0,07	153,77 ± 23,34	91,54 ± 3,96	0,33 ± 0,01
7,59 ± 1,72	5377,36 ± 1977,12	2,99 ± 0,11	0,67 ± 0,07	165,05 ± 15,59	63,30 ± 1,47	0,48 ± 0,06
11,36 ± 0,97	5186,53 ± 2185,82	—	0,62 ± 0,04	183,14 ± 3,36	29,06 ± 0,25	—
8,74 ± 0,78	4055,23 ± 479,79	6,69 ± 2,55	0,44 ± 0,01	80,61 ± 2,31	104,38 ± 2,37	2,18 ± 0,07
8,97 ± 2,54	2572,72 ± 45,12	7,56 ± 1,05	0,44 ± 0,10	63,39 ± 9,17	96,95 ± 8,85	1,93 ± 0,06
16,26 ± 1,77	2682,24 ± 35,13	11,65 ± 1,39	0,38 ± 0,01	66,17 ± 0,02	153,86 ± 0,63	2,86 ± 0,13
13,09 ± 6,47	2819,28 ± 248,89	12,04 ± 1,22	0,51 ± 0,06	83,35 ± 2,60	174,39 ± 2,21	5,28 ± 0,52
11,23 ± 0,98	2277,99 ± 277,24	10,16 ± 0,88	0,44 ± 0,04	56,27 ± 3,46	116,98 ± 3,28	5,89 ± 0,21
14,91 ± 1,97	2925,04 ± 251,87	10,98 ± 1,56	0,44 ± 0,01	82,38 ± 3,68	209,42 ± 11,00	5,09 ± 0,23
11,43 ± 0,10	4070,73 ± 206,25	12,49 ± 1,68	0,49 ± 0,04	96,11 ± 14,18	322,70 ± 1,86	3,41 ± 0,05
5,42 ± 0,86	3452,62 ± 791,73	9,61 ± 0,93	0,58 ± 0,03	102,03 ± 6,44	119,60 ± 1,44	2,60 ± 0,04
9,06 ± 1,40	2420,98 ± 240,09	11,63 ± 1,38	0,48 ± 0,06	66,20 ± 5,55	124,62 ± 0,07	4,44 ± 0,24
6,82 ± 1,96	2296,26 ± 87,75	11,42 ± 0,83	0,48 ± 0,11	76,86 ± 11,22	546,35 ± 32,08	5,35 ± 0,43
14,23 ± 0,41	1483,23 ± 32,32	1,10 ± 0,01	0,25 ± 0,03	40,87 ± 3,43	6,12 ± 1,64	2,05 ± 0,09

les eaux de l'Escaut; cette différence doit être liée à la diminution de salinité.

Le zinc donne des résultats qui sont en général plus élevés que les données obtenues par absorption atomique. Ceci est dû au fait que les eaux destinées à l'activation neutronique ont été filtrées sur filtre Millipore (0.45 microns). Des expériences ont montré que, lors de la filtration d'eau déminéralisée, le filtre Millipore peut libérer du zinc pendant le passage des 500 premiers millilitres. Ceci correspond aux conditions dans lesquelles nous avons travaillé en mer du Nord car, vu la quantité de matières en suspension présente dans l'eau, nous ne pouvions pas filtrer une grande quantité pour le rinçage parce que les filtres se colmataient.

Le dosage de l'antimoine ne permet pas de tirer une conclusion valable concernant sa teneur dans ces eaux étant donné que c'est un élément majeur dans le quartz qui a pu contaminer l'échantillon.

Pour le césium, on trouve des valeurs comparables aux teneurs normales dans les océans.

Les concentrations en chrome trouvées par activation sont comparables aux résultats obtenus par absorption atomique.

Pour le cobalt, les valeurs trouvées en mer du Nord sont normales mais nous observons une pollution assez forte dans l'estuaire de l'Escaut et dans le bassin d'Ostende.

Les valeurs trouvées pour le mercure montrent une nette pollution des régions côtières et de l'estuaire de l'Escaut.

3. MESURE DES SELS NUTRITIFS

3.1 Méthodologie

Parallèlement à l'étude des métaux lourds, l'analyse des sels nutritifs a été faite pour notre laboratoire par Y. Rommelare et L. Devriendt.

Les nitrites ont été mesurés par la méthode de Griess (sulfanilamide et N-(Naphtyl 1)-éthylènediammoniumdichlorure); les nitrates par la même méthode après réduction en nitrites par passage sur une colonne de cadmium. Les phosphates ont été dosés au moyen du molybdate d'ammonium et de l'acide ascorbique.

3.2 Résultats

L'analyse en continu des sels nutritifs le long de la côte belge au moyen d'un analyseur automatique montre d'une manière très nette l'apport de polluants de l'Escaut et des cités balnéaires.

Alors qu'au large les concentrations en nitrates varient entre 0 et 30 micromoles par litre, à proximité immédiate de la côte on rencontre 30 à 70 micromoles par litre et dans l'estuaire de l'Escaut de 60 à 170 micromoles de nitrates par litre.

4. CONCLUSIONS

Si, pour des microéléments importants du point de vue biologique comme le zinc et le cuivre, il est difficile de mettre en évidence une pollution des côtes belges, on observe par contre des teneurs anormalement élevées en métaux en traces tels que le chrome, le cérium, le cobalt et le mercure; ces fortes concentrations sont associées à des teneurs élevées en sels nutritifs, manifestant ainsi le caractère général de la pollution de nos côtes.

LABORATOIRE D'OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE,
INSTITUT ROYAL DES SCIENCES NATURELLES DE BELGIQUE.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

ABDULLAH, M. I., & ROYLE, L. G.
1972. *Heavy metals concentration in coastal waters.* [Nature 235, (5334) 158-160.]

BOWEN, H. J. M.
1966. *Trace elements in biochemistry.* (Acad. Press. NY.)

BROOKS, R. R., PRESLEY, B. J. & KAPLAN, I. R.
1967. *APDC-MIBK extraction system for the determination of trace elements in saline waters by atomic absorption spectrophotometry.* (Talanta 14 : 809-816.)

GOLDBERG, E. D.
1965. *In Chemical Oceanography.* (RILEY, J. P. and SKIRROW, E. ed. Academic Press, p. 163.)

GUEGUENIAT, P. & GANDON, R.
1972. *Premiers résultats de mesure de polluants métalliques en baie de Seine et dans le secteur du Cotentin.* (CIESM XXIIIe assemblée, journées d'étude des 3 et 4 novembre 1972.)

PORTMANN, J. E.
1972. *The level of certain metals in fish from coastal waters around England and Wales.* [Aquaculture 1 (1) 91-96.]

ROMMELAERE, Y. & DEVRIENDT, L.
1972. *Mesure en continu des sels nutritifs en eau de mer.* (NATO subcommittee on oceanographic research. Technical report No. 57.)

SEGAR, D. A. & GONZALES, J. G.
1971. *Greater flexibility with the Perkin Elmer HGA 70 heated graphite atomizer for use in selective volatilization analysis.* [Atomic Absorption Newsletter 10 (4) 94-95.]